

# 遠隔地におけるものづくり PBL 指導支援のための IoT 型作例データ収集システムの開発 Development of IoT-Driven Student's works data acquisition system for Teaching Support of Manufacturing PBL in Remote Locations

千田 和範<sup>\*1</sup>, 野口 孝文<sup>\*1</sup>, 稲守 栄<sup>\*2</sup>  
Kazunori CHIDA<sup>\*1</sup>, Takafumi NOGUCHI<sup>\*1</sup>, Sakae INAMORI<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> 釧路工業高等専門学校 電気工学科

<sup>\*1</sup> Department of Electrical Engineering, National Institute of Technology, Kushiro College  
Email: chida@kushiro-ct.ac.jp

あらまし：近年，様々な教育機関において，課題の発見と解決に向けて主体的・協働的に学ぶ学習が取り入れられてきており，筆者らも関連学会で実践報告を行ってきた．この取り組みの中でもものづくり系 PBL を遠隔地の学校で実施する場合，作業過程において効果的なアドバイスを行うには，その過程がリアルタイムで把握する必要がある．本研究は作業過程の作例データを新たに開発した IoT 型収集システムによって効率よく集め，指導支援に役立てる手法について説明する．

キーワード：協働学習，指導支援，問題解決型学習，IoT 活用，遠隔教育

## 1. はじめに

近年，様々な教育機関において，課題の発見と解決に向けて主体的・協働的に学ぶ学習が取り入れられてきている．本校の授業においても「動機づけ」，「満足感」などを考慮し，問題解決型学習を拡張した取り組みを関連学会で成果報告を行ってきた<sup>(1)</sup>．同時に地域の複数校で授業を同時展開することでクラス単位では得られなかった学習の広がりを目指し，ものづくりを主体とした小学校向け理科教育用グループ学習プログラムを 2013 年度から行なってきた<sup>(2)</sup>．その結果，いくつかの課題が見えてきた．

一つ目は，本プログラムは小学校に出向いて指導する講師派遣型のものづくり PBL が主な活動となっている．ものづくり PBL は試行錯誤に多くの時間が必要となるため，講師派遣型の場合は，あらかじめ設定された講義時間以外の直接指導が難しい．特に遠隔地での実施となると訪問回数も制限せざるを得ない．また TV 会議システムなどの対応も考えられるが，ものづくり PBL はグループ毎に進度が異なるため，時間調整が難しい．二つ目には，地方では過小規模校も増加しているため，学習時のグループが少数となってしまふ．これにより，限られた人員で活動するため仮説の総数自体が少なく，また検証のための試行の回数も十分確保できず局所解に留まってしまう問題がある．そのため最初の仮説から派生することなく模倣で終わってしまう事例が多い．また初回に最適解から離れた仮説が立案されてしまうと，その後の協働学習で適切でない知識を習得してしまうことになる．ゆえに，複数校の同時展開も視野に入れた教育システムの開発が重要となってくる．

そこで本研究では過小規模校でもものづくり PBL 教育を展開可能で，遠隔地でも十分な指導を実現するための支援システムの開発を行った．ここではその開発したシステムについて報告する．

## 2. 複数校横断型理科教育プログラム概要

まず提案システムを運用する複数校横断型理科教育プログラムについて説明する．本教育プログラムは小学校 5 年生を対象として構成されており，試行錯誤による電磁石製作を通して，電磁石の特徴や性質を深く学んでいく．なお，このプログラムは図 1 に示す 3 つの活動によって構成されている．

第1回 学習指導要領に沿った電磁石の基本特性に関する全員体験型実験（1 回 90 分）

第2回 コンテストに向けた試行錯誤型グループ学習（高専対応 90 分，小学校対応 2 週間程度）

第3回 複数校／クラス参加による電磁石の引張り力コンテスト（1 回 120 分）

1 回目の実施目的は比較実験に慣れさせることと，授業で学んだ知識の再確認にある．特に知識の再確認は，試行錯誤させる際のアイデアの下地となるため重要である．2 回目は自発的な試行錯誤を促すために競争原理とトレードオフ課題を導入した実習となる．ここではクラスや学校対抗のコンテストを意識させることで，グループ間の相談を活発化させる．それと同時に，実験用材料に材質や寸法形状などにトレードオフ条件を導入することで多様な発想を促

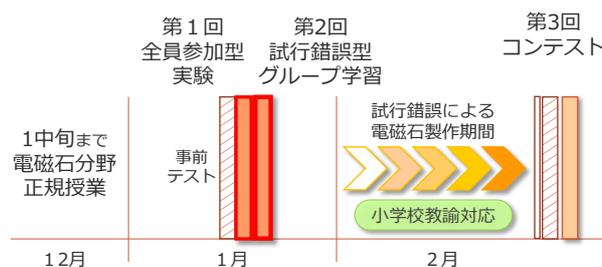


図 1. 現在実施中の 2018 年度教育プログラムのスケジュール



図 2. 第 2 回目以降のものづくり PBL の流れ

し、競争原理と同様にグループ活動を活性化させることができる。なお、この 2 回目の講義から 3 回目のコンテストまでは提案システムを用いて生徒や教師の活動を支援することになる。まずは学習者の学習・作業の流れについて簡単に説明する。

始めにクラスを複数のグループに分割し、図 2 の様に、各グループでコンテスト目標を満たす電磁石の製作仕様について検討させる。ついで、その仕様で実際に電磁石を作成する。電磁石の製作後は性能試験を行い、試験結果などを記入した記録カードを、図 2 左下図に示す表に貼り付けていく。ただし表は横軸に磁力の強さ、縦軸に引張り力をとった 2 軸としている。これらの作業を繰り返していくと、2 軸表にクラスターが現れてくる。最後に、一番性能のよいクラスターに見られる共通仕様を推測し、最終的にクラスで作成する電磁石の仕様を決定する。

3 回目は 2 回目以降の成果物を用いたコンテストとなる。このコンテストを実施することが 2 回目の活動の動機付けにも繋がっている。またコンテストの最後には総評を行い、参加した学習者に対して知識の共有を促している。

2018 年度は市外の K 小学校 16 名の協力のもと図 1 の日程で本プログラムを運用している。なお当該小学校では本プログラムの開始前となる 1 月中旬までに参加児童は電磁石の単元を簡単に学習していたが、従来型の講義との間で知識の定着度などを対比して検証することも可能である。

### 3. ものづくり PBL 指導支援のための IoT 型作例データ収集システム

#### 3.1 作例データ収集システムの全体構成

本システムは 2 章で述べた様に、遠隔地から PBL の指導支援に活用するための機能がある。作例データ収集システムは学習者が図 3 に示す様に作成した作例とその実験結果や緒元を作例データとして記録する。記録された作例データはサーバに送信される。遠隔地にいる講師（ものづくり教育プログラムの統括者）はサーバに送信されてきたデータを適宜確認して、指導用の資料を作成する。そして資料を基に現地で指導を行っている小学校教諭にアドバイスを

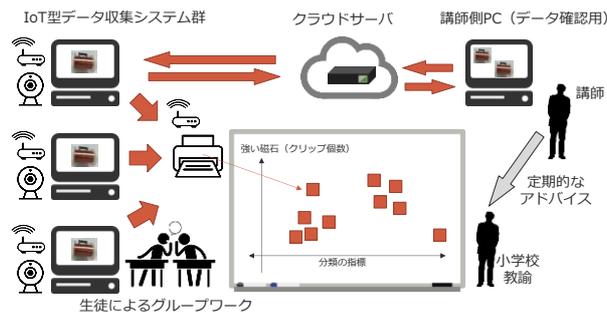


図 3. 作例データ収集システムの全体構成



図 4. 作例データ収集システムと印刷サブシステム

行う。小学校教諭はアドバイスや資料を基にグループワークを行っている生徒に対し適切なタイミングで支援を行う。なお作例データ収集システムからのデータをクラウドサーバに保存することで、小学校教諭や生徒が関係するクラスだけではなく、他校の作例データを参照し、PBL 授業での試行錯誤の参考とすることも期待できる。

#### 3.2 作例データ収集システムの機器構成

次に実際に開発した作例データ収集システムの機器構成を図 4 に示す。まず作例データ収集システムは、可搬性を考慮し、30cm 四方のサイズに収まる様にフレームを製作した。このフレーム内にシステムを統括するマイコンとして RaspberryPi 3B+, データ表示用の 10inch HDMI モニタ、作例を画像として取り込むための WEB カメラ、そして実験値を入力するためのテンキーパッドを組み込んでいる。なお、本システムの従来モデル<sup>(3)</sup>では実験条件の取得には RFID を用いていたが、小学生には作業が分かりにくいということがわかった。今回は入力方法を一つにまとめテンキー入力のみとした。印刷サブシステムは実験値や製作条件を記した記録カードを印刷するために用いており、RaspberryPi ZeroW と POS 型サーマルプリンタの POS-5890K によって実現している。なお POS 型サーマルプリンタを採用したのは、メンテナンスのしやすさとランニングコストを考慮した結果である。加えて印刷機能を作例データ収集システムから分離したのは、プリンタも作例データ収集システムに組み込むと可搬性が低下すること、また作例データ収集システムをクラス内の班ごとに作例データ収集システムを設置してもプリンタは 1 台で十分対応できるためである。

### 3.3 作例データ収集システムの実装方法

作例データ収集システムを運用するには外部から管理するための方法、データの出入と保存に関するルールの設定、作例データを外部のクラウドサーバとやり取りする方法の決定、そして印刷に関する機能の実装が必要になる。実施場所が遠隔地にある場合、記録項目の設定が変更となるたびに現地に赴いて修正するのは困難が伴う。よって、設定変更は遠隔地から修正できる機能を有するのが望ましい。ただし、相手先にある作例データ収集システムにネットワーク接続し直接ログインして修正する方法はセキュリティなど管理運営上の問題が生じやすい。そこで今回はシステムの起動時にクラウドサーバから設定ファイルを取得し記録項目を容易に変更できる仕組みとした。図5はその記録項目を決定する初期設定ファイルの内容である。初期設定ファイルのデータ形式は昨今のIoTクラウドサーバでよく用いられるJSON形式とした。また設定データと作例データを混同しないよう、設定ファイルには先頭のタグはconfigとした。次にtagNNは作例データの保存項目および作例収集システムの画面に表示する項目を表している。タグnameは項目名、タグvalはデータの型式である。例えば整数型であればタグvalの値として”Int”を設定する。また値を入力する必要がなければ空欄とする。この場合はタグnameの値が画面に表示されるだけとなる。タグUnitは値の単位を表し、主にシステムの情報提示画面に用いている。最後にタグcheckは入力必須データか否かを表し、値がTrueの場合のみ、値の入力の有無によるエラー表示を行うものとした。なお、初期設定ファイルはIoTクラウドサーバに保存し、起動時にサーバから読み出すことを想定している。ただし、IoTクラウドサーバの準備の問題から今回はサーバ読み出し機能を省略し、起動時にあらかじめシステム内に保存された設定ファイルを読み出すことにしている。

図6は図7の初期設定ファイルを元に生成した作例データ収集システムの情報提示画面となる。これはRaspberry Pi用のprocessing-3.5により実装を行った。画面右側は初期設定ファイルによって生成される入力項目が表示される。このとき、checkタグがTrueであれば、項目名の左にチェックボックスが表示され、入力済みか確認出来るようになる。画面左側はWEBカメラの画像、およびテンキーからの入力欄、エラーメッセージ表示欄、記録カードのプレビューで構成されている。なおWEBカメラは作例の画像情報を取得することを目的としている。この作例データ収集システムはテンキーパッドのTabキーを押すことで作例画像データと入力項目が記録されたテキストデータを作成する。ここで作成される記録データの各項目は先ほど説明した初期設定ファイルを元にJSON形式で自動生成される。すなわち、初期設定ファイルのタグnameの値が記録データのタグに新たに設定され、テンキーパッド

```

{"config": [
  "title": "電磁石パラメータ表",
  "tag01": [{"name": "班番号", "val": "Int",
    "Unit": "", "Check": "True"}],
  "tag02": [{"name": "クリップ個数", "val": "Int",
    "Unit": "個", "Check": "True"}],
  ....
  "tag07": [{"name": "鉄心材料", "val": "",
    "Unit": "", "Check": ""}],
  ....
]}

```

図5 記録および画面表示項目の初期設定ファイル



図6 実際の作例データ収集システムの情報提示画面

```

{
  "data": [
    "班番号": 1.0,
    "クリップ個数": 596.0,
    "巻き数": 1200.0,
    "電圧": 3.0,
    ....
    "date": "20180823@141753",
    "jpg": "/9j/4AAQSkZJRgABAQAAQABAAQAD/2wBDAAZnLHPFOEIBOTOjE3ajFd6rpF5cQ2.....
  ]
}

```

図7 生成されたクラウドサーバ送信用データ例

から入力した値がそのまま記録データのタグに対応する値となる。またタグdate、タグjpgは強制的に追加される項目で、dateは撮影日時を記録し、タグjpgは作例の画像データとなる。なお作例データ収集システムはIoTクラウドサーバを介した運用を考えている。そのため、画像データはjpgなどのバイナリデータではなく、Base64エンコード方式によりテキストデータ化している。ただし今回はIoTクラウドサーバの準備の問題から、googleメールサーバを介して教育プログラムを統括する講師にメールを送信する方式とした。また画像は640×480pixelのサイズとしたため、記録データの一件あたりのサイズは約80KB程度となっている。なお現在は実施校を識別するタグを含めていないが、将来的には配布機材のMACアドレスなどで分類することを考えている。

作例データのサーバへの送信と同時に、記録データをカード化したものを印刷する処理も行っている。これは図7の情報提示画面の印刷プレビュー部分を



図 8. データ収集システムの使用例と実験データを示した実験記録カードの印刷例

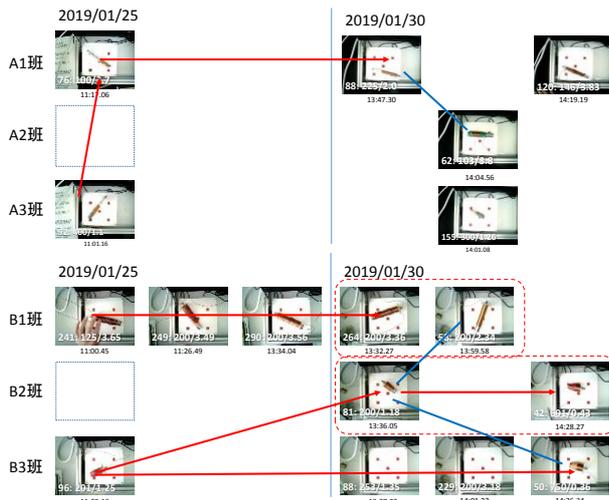


図 9. 保存された作例データから抽出した指導用データ

PNG 形式の 200×200pixel の画像データとして、LTE ルータ経由で wifi 接続された印刷サブシステムの RaspberryPi zero W に送信している。データを受信した印刷サブシステムは POS 型サーマルプリンタで即座に印刷を行う。印刷された実験記録カードは図 2 左下に示す記録カードとして生徒の比較検討の資料として利用される。なお、画像サイズは POS 型サーマルプリンタからの出力が読みとることが出来る最小サイズとなっている。図 8 はその時の利用状況と実験記録カードの参考例となっている。

#### 4. 作例データ収集システムから得られるデータを用いた指導支援

作例データ収集システムによって作例画像を含む JSON 形式の実験値データは自動的に教育プログラムを統括する講師に送信されてくる。講師はその JSON 形式のデータをデコードし、画像と実験値を抽出する。次に実験日時と班ごとにデータを分別し、時系列ごとに配置する。そして実験値や作例の諸元をもとに関連性などを図に示す。図 9 は 2018 年度に実施中の作例データの例である。

1 回目の作業実施日となった 1 月 25 日には B1 班が 3 例、B2 班が作例無し、B3 班が 1 例作成したことがわかる。また B1 班は実験値や諸元から類似度が高いものを作っていることが確認できた。2 回目

表 1. 作例データに基づく指導用アドバイスの概要

1/26	
A全体	A1,A3の作例を元に、行き詰っている場合の条件設定例
B1班	条件がほぼ同じでも結果に差が現れた原因として考えられる理由
1/31	
A全体	未使用の条件があるため、比較検討時に局所解に陥る可能性の指摘
B1班	比較を促す際の着目点
B2班	比較を促す際の着目点
B2,B3班	班間で類似傾向が出てきたため、条件の分散についての指摘
2/1	
B2班	実験値が異常値を示したため、作例の諸元確認と対処法についての指摘

の作業実施日となる 1 月 30 日には B1 班が 2 例、B2 班が 2 例、B3 班が 3 例作成している。B1 班は 1 回目の作例と類似のもの、条件を変えたものを作成した。B2 班は比較しやすい条件で 2 例作成しているが、基本は B3 班の 1 回目の作例と類似していることが確認できた。B3 班は 1 回目から 2 回目の 3 例までほぼ同じ条件で作りを続けていることが確認できた。また 2 回目では図中の青線で示す班を超えて比較しやすい作例も現れたことが確認できた。また A グループは全体的に作例が少ないことがわかる。

作例データに基づく指導支援は基本的に実施日ごとに行い、図 9 の作例データ一覧とそれに基づくコメントをまとめ、メールで小学校の担当教諭に送信することとした。表 1 は送付したコメントの概要である。たとえば 1 月 25 日の作例において、A グループは作例が少ないため、特に A1, A3 班と重複しない条件をコメントした。また B1 班の結果から、諸元などの条件はほぼ同じながら、2 回目と 3 回目の実験結果に比較的大きな違いが出ていることがわかった。そこで生徒から質問を受けた場合の対応として違いが現れた原因となる理由について提示し、詳しく調べる場合の適切な条件などを提示している。また 1 月 31 日の作例では B2,B3 班が同じ形状となり始めた。これは局所解となる可能性を考慮して、その指摘と条件を変える場合のコメントを行った。

#### 5. まとめ

本研究では、ものづくり系 PBL において作例データから指導支援を可能とするためのシステムを提案した。2019 年 2 月現在、本教育プログラムが進行中ではあるが、得られた結果を元に教育プログラムとそのシステムの評価と改良を継続する予定である。

#### 謝辞

本研究は科学研究費基盤研究 (C) 課題番号 16K01151 の助成を受けたものである。ここに記して謝意を表す。

#### 参考文献

- (1) 千田和範, 佐藤英樹, 野口孝文, 稲守栄, 荒井誠, 梶原秀一, 風力発電用翼設計を通じた試行錯誤型実験における課題設定とその作品との関係, 工学教育, 56-5, pp.103-110, (2008)
- (2) 千田和範, 稲守栄, 野口孝文, コンテストを用いた多角的な試行錯誤から学ぶ理科実験実習プログラム, 教育システム情報学会第 39 回全国大会, G3-1, p.245-246 (2014)
- (3) 千田和範, 稲守栄, 野口孝文, 試行錯誤型理科教育プログラムにおける知識伝播の可視化のための教育支援システムの開発, 教育システム情報学会第 43 回全国大会, E1-4, p.91-92 (2018)